

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a
informatiky
Katedra elektroniky

Systém pro sběr dat z elektrických pohonů

System for Collecting Data from Electric Drives

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Zadání bakalářské práce

Student: **Michal Jelínek**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2602R014 Aplikovaná a komerční elektronika
Téma: **Systém pro sběr dat z elektrických pohonů**
System for Collecting Data from Electric Drives

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor základních požadavků systému pro sběr dat z elektrických pohonů.
2. Rozbor aplikací systému pro sběr dat z elektrických pohonů.
3. Návrh dílčích částí systému pro sběr dat.
4. Experimentální ověření vybraných částí systému pro sběr dat.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Horowitz, P., Hill, W.: The Art of Electronics. Cambridge University Press, 1989, ISBN 0-521-37095-7.
2. Brandštetter, P.: Elektronika. Učební texty pro kombinované a distanční studium. VŠB-TU Ostrava, 2010.
3. Brandštetter, P.: Střídavé regulační pohony - Moderní způsoby řízení. Monografie, VŠB-TU Ostrava, 1999, ISBN 80-7078-668-X.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013

doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení Studenta

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

Podpis studenta:

Abstrakt

Cílem mé bakalářské práce „Systém pro sběr dat z elektrických pohonů“ je vytvořit ucelený přehled o základních požadavcích systému pro sběr dat z elektrických pohonů. Provedení rozboru aplikací systému pro sběr dat z elektrických pohonů, jeho další potenciální využití v dalších oblastech elektrotechniky. Provedení rozboru aplikace umělých neuronových sítí pro sběr dat v oblasti elektrických regulovaných pohonů. Návrh jednotlivých dílčích částí systému pro sběr dat. Popis a rozbor experimentálního pracoviště, ověření funkčnosti vybraných částí systému pro sběr dat a zpracování naměřených dat.

Klíčová slova

Systém pro sběr dat, elektrické regulované pohony, umělé neuronové sítě, hardware, software, mikroprocesor

Abstract

The objective of my bachelor thesis „System for Collecting Data from Electric Drives“ is to create a compact overview of the basic system demands for data collecting from electric drives. The execution of analysis of the system applications for data collecting from electric drives and also its another potential use in various areas of the electrical engineering. The execution of analysis of the artificial neural networks applications for data collecting in the area of the electric regulated drives. Design of the individual partial system parts for data collecting. Description and analysis of an experimental workplace, functionality verification of selected system parts for data collecting and processing of already measured data.

Key words

System for collecting data, electric regulated drives, artificial neural network, hardware, software, microprocessor

Seznam použitých symbolů a zkratek

ADC	Apple Display Connector
ANN	Artificial Neural Networks
BNC	Bayonet Neil-Concelman
CAN	Controller Area Network
DAQ	Data Acquisition
DC	Direct Current
EPROM	Erasable Programmable Read Only Memory
HRPWM	High-Resolution Pulse Width Modulator
IEC	International Electrotechnical Commission
JTAG	Joint Test Action Group
LED	Light Emitting Diode
PC	Personal Computer
PCI	Peripheral Component Interconnect
PROM	Programmable Read Only Memory
PWM	Pulse Width Modulation
RAM	Random Access Memory
ROM	Read Only Memory
SRAM	Static Random Access Memory
USB	Universal Serial Bus
WiFi	Wireless Fidelity

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Sběr dat.....	2
2.1. Části systému pro sběr dat.....	2
2.2. Klíčové měřicí komponenty zařízení pro sběr dat	3
2.3. Počítače a software	3
2.4. Výběr hardwaru	4
2.5. Výběr rozhraní.....	7
2.6. Výběr počítače.....	9
3. Rozbor základních požadavků systému pro sběr dat z elektrických pohonů.....	11
3.1. Vysoká rychlost výpočtu.....	11
3.2. Velikost datového slova procesoru	11
3.3. Velikost programové a datové paměti.....	11
3.4. Přerušovací systém procesoru	12
4. Aplikace systému pro sběr dat.....	13
4.1. Výzkum a analýza.....	13
4.2. Ověřování a testování.....	13
4.3. Výroba a testování kvality.....	15
4.4. Sledování stavu.....	15
5. Aplikace umělých neuronových sítí pro sběr dat v oblasti elektrických regulovaných pohonů.....	16
5.1. Řídící struktura stejnosměrného pohonu.....	16
5.2. Konvenční PI regulátor	17
5.3. Bezsenzorové řízení s užitím neuronových sítí	17
6. Experimentální pracoviště.....	20
6.1. Popis pracoviště.....	20
6.2. Experimentální měření	27
7. Závěr.....	29

1. Úvod

Práce se zabývá teoretickým rozбором základních požadavků systému pro sběr dat z elektrických pohonů. V kapitole 2 je rozebráno, co to vlastně je sběr dat, je zde proveden stručný popis jednotlivých částí systému pro sběr dat, rozbor a popis klíčových částí měřících komponentů zařízení pro sběr dat. V této kapitole je také proveden popis postupu při výběru vhodného hardwaru pro celý měřicí systém, podle několika důležitých kritérií tak, aby celý měřicí systém byl účinnější, flexibilnější a nákladově efektivněji řešený.

Kapitola 4 je zaměřena na aplikaci systému pro sběr dat. Tato část práce není zaměřena pouze na elektrické pohony, ale jsou v ní popsány i další možná použití, protože téměř v každém průmyslovém odvětví se nachází oblast pro uplatňování systému pro sběr dat, od výzkumu až po běžnou průmyslovou výrobu. Ať už se jedná o ověřování návrhů prototypů, výuku v laboratořích na univerzitách, diagnostiku poruch na průmyslových strojích nebo řízení výrobního procesu.

V další kapitole následuje rozbor aplikace umělých neuronových sítí pro sběr dat v oblasti elektrických regulovaných pohonů. Obecně platí, že aplikace umělé inteligence v pohonech vede ke zvýšení výkonu a větší odolnosti při změnách zatížení. Je zde shrnutí základních poznatků o umělých neuronových sítích a dále také jsou zde rozebrány struktury neuronových sítí a simulace v programu Matlab – Simulink.

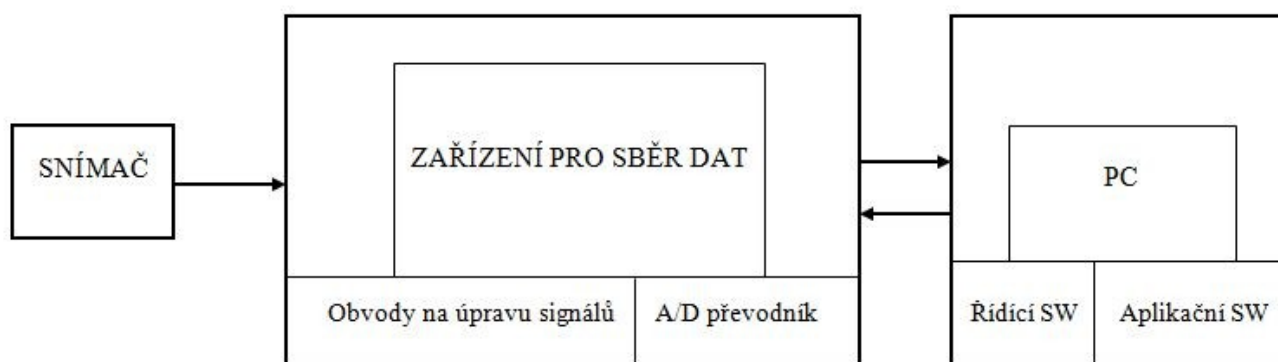
V závěrečné kapitole je proveden návrh dílčích částí systému pro sběr dat, popis experimentálního pracoviště, podrobný popis použitého hardwaru, mikropočítačového řídicího systému, přizpůsobovací desky s digitálním signálovým procesorem, realizace aktivní zatěžovací jednotky a v neposlední řadě grafické zpracování experimentálního měření.

2. Sběr dat

Sběr dat je přenos měření elektrického nebo fyzikálního jevu, jako je napětí, proud, teplota nebo tlak.

Systém se skládá ze senzorů, měřicího hardwaru a počítače s programovatelným softwarem. Ve srovnání s tradičními systémy měření, systém sběru dat na počítačové bázi umožňuje účinnější, flexibilnější a nákladově efektivnější řešení měření.

2.1. Části systému pro sběr dat



Obr. 2.1: Blokové schéma systému pro sběr dat

Snímač

Zdroj informací pro řídicí systém. Je to zařízení, které měří určitou fyzikální veličinu a převádí ji na elektrický signál, který lze dálkově přenášet a dále zpracovávat v měřicích a řídicích systémech.

Zařízení pro sběr dat

Hardware pro sběr dat funguje jako rozhraní mezi počítačem a signály naměřenými snímači. Především funguje jako zařízení, které digitalizuje příchozí analogové signály tak, aby si je počítač mohl vyložit. Tři klíčové prvky zařízení pro sběr dat pro měření signálu jsou: obvody pro úpravu signálů, A/D převodníky a počítačové rozhraní [1].

2.2. Klíčové měřicí komponenty zařízení pro sběr dat

Obvody pro úpravu signálů

Tyto obvody upravují signál do podoby, která je vhodná pro vstup do A/D převodníku. Tyto obvody mohou také signál zesilovat, zeslabovat, filtrovat nebo izolovat určitou část z příslušného signálu, který je právě měřený. Některá zařízení pro sběr dat obsahují vestavěný obvod pro úpravu signálů, který je určený pouze pro měření specifickými typy snímačů [1].

A/D převodník

Analogové signály ze snímačů musí být nejprve převedeny do digitální podoby před tím, než jsou zpracovány digitálním zařízením, jako jsou třeba počítače. A/D převodník poskytuje digitální podobu analogového signálu v každém časovém okamžiku, v praxi se analogové signály v průběhu měření kontinuálně mění a A/D převodník poskytuje periodické „vzorky“ signálu v předem definované podobě [1].

Počítačové rozhraní

Zařízení pro sběr dat lze připojit k počítači pomocí slotu nebo portu (rozhraní). Počítačové rozhraní slouží jako komunikační rozhraní mezi zařízením pro sběr dat a počítačem, který předává instrukce pro měření a zpracovává naměřená data [1].

Zařízení pro sběr dat jsou používány na většině běžných rozhraní včetně USB, PCI, PCI Express a Ethernet [1].

2.3. Počítače a software

Počítač s programovatelným softwarem ovládá činnost zařízení pro sběr dat. Používá se také pro zpracování, zobrazení a ukládání naměřených dat [1].

Různé typy počítačů se používají pro různé druhy aplikací. Stolní počítače (PC) mohou být použity prakticky všude, ale v zásadě se používají v laboratořích kde je důležitý velký výkon a rychlé zpracování velkého množství dat, průmyslové počítače se používají ve výrobních závodech, kde je důležitá velká odolnost počítače, mohou být používány také notebooky při potřebě přenositelnosti měřicího zařízení [1].

Řídicí software

Řídicí software poskytuje aplikačnímu softwaru schopnost komunikovat se zařízením pro sběr dat. Toto zjednodušuje komunikaci počítače se zařízením pro sběr dat [1].

Aplikační software

Aplikační software usnadňuje spolupráci mezi uživatelem a počítačem určeným pro sběr dat, analýzu a prezentaci naměřených dat [1].

Je to buď aplikace daná výrobcem s předem definovanými funkcemi, nebo se může jednat uživatelské programovací prostředí pro tvorbu vlastních aplikací s funkcemi, které právě uživatel vyžaduje. Uživatelské aplikace jsou často používány k automatizování multifunkčního zařízení pro sběr dat, zpracování naměřených signálů a zobrazení vlastního uživatelského prostředí [1].

2.4. Výběr hardwaru

1) Podle typu signálů, které se budou měřit nebo generovat

Různé typy signálů musí být měřeny nebo generovány různými způsoby [2].

Snímač (nebo převodník) je zařízení, které převádí fyzikální jev na měřitelný elektrický signál, jako je napětí nebo proud. Může také odeslat měřitelný elektrický signál do snímače k vytvoření fyzikálního jevu. Z tohoto důvodu je důležité pochopit rozdílné typy signálů a jejich odpovídající vlastnosti. Na základě typů signálů v aplikaci, můžeme začít uvažovat, jaké zařízení pro sběr dat bude použito [2].

Funkce zařízení pro sběr dat

- Analogové vstupy pro generování analogových signálů,
- analogové výstupy pro generování analogových signálů,
- digitální vstupy pro generování analogových signálů,
- digitální výstupy pro generování analogových signálů,
- čítače/časovače pro čítání a generování digitálních pulsů/signálů.

Existují zařízení, která jsou určena pouze k jedné z výše uvedených funkcí, ale také existují multifunkční zařízení, která podporují všechny výše uvedené funkce. Na trhu jsou k dostání DAQ zařízení s pevným počtem kanálů pro jednotlivé funkce, včetně analogových vstupů a výstupů, digitálních vstupů a výstupů nebo čítačů, ale vzhledem k budoucímu využití a možnému rozšíření a přizpůsobení aplikování celého systému pro sběr dat je vhodné mít zařízení s více kanály [2].

2) Podle úpravy signálu

Většina snímačů vyžaduje úpravu signálů, jako je zesílení nebo filtrování, aby mohl systém pro sběr dat účinně a přesně měřit signály [2].

3) Podle rychlosti získávání vzorků signálu

Jednou z nejdůležitějších specifikací zařízení pro sběr dat je vzorkovací frekvence. Je to rychlost, jakou zařízení odebírá vzorky z měřeného signálu. Vzorkovací frekvence závisí na maximální frekvenci složky signálu, který je měřený [2].

Vzorkování je v podstatě převod spojitého analogového signálu na sérii diskretních vzorků, které jsou od sebe časově vzdálené vždy o čas vzorkovací periody, periodickým měřením hodnoty tohoto signálu. Kvalita vzorkování je přímo úměrná velikosti vzorkovací frekvence. Čím rychleji bude vzorkováno, tím více se bude vzorkovaný signál podobat signálu původnímu [2].

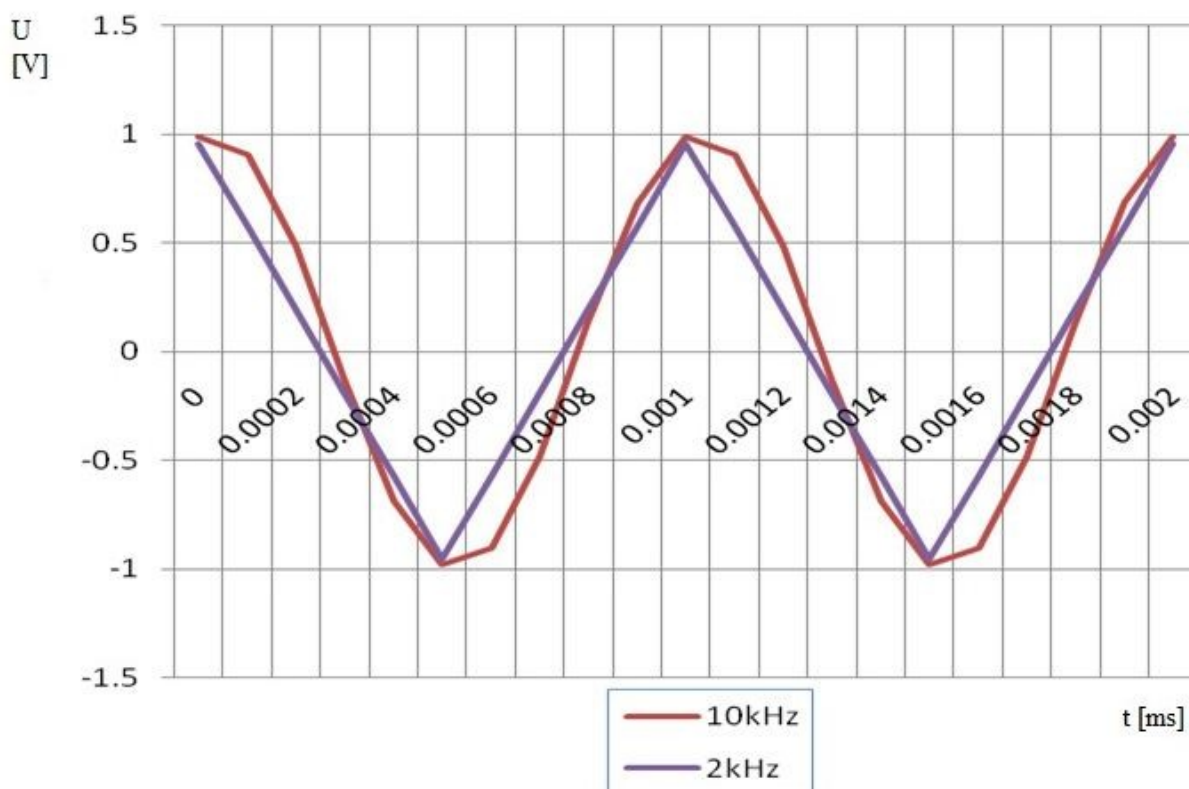
Dle Nyquistova teorému musí být vzorkovací frekvence alespoň dvojnásobná oproti frekvenci vzorkovaného signálu, pro správnou reprezentaci frekvence vzorkovaného signálu. Respektive, frekvence vzorkovaného signálu nesmí být větší než polovina vzorkovací frekvence a proto zavádí pojem Nyquistova frekvence která je rovna právě polovině vzorkovací frekvence. Z tohoto vyplývá, že při vzorkování 50Hz signálu, musíme alespoň pro správné zachování frekvence, vzorkovat s frekvencí minimálně 100Hz [3].

Takovéto vzorkování, ale stačí pouze pro zjištění frekvence signálu. Pokud chceme daný signál jakkoli dále analyzovat, ať už zobrazit tvar, či třeba jen počítat charakteristické hodnoty jako amplitudu nebo střední hodnotu, musí být vzorkovací frekvence oproti frekvenci vzorkovaného signálu podstatně větší. Pro správnou reprezentaci tvaru vzorkovaného signálu se uvádí, že vzorkovací frekvence musí být alespoň pěti až desetinásobná [3].

Při pomalém vzorkování nastává problém, který se nazývá aliasing (klam). Signály nad Nyquistovou frekvencí se potom projeví jako alias signály. Nejjednodušší způsoby jak se vyvarovat tomuto problému je zvýšit vzorkovací frekvenci, či použít dolnoproustný filtr. Takové navýšení vzorkovací frekvence, aby s jistotou zabránilo aliasingu, často nebývá možné, a proto je třeba počítat se zapojením dolnoproustného filtru, tzv. antialiasing filtru [3].

Při znalosti kmitočtu, respektive periody signálu a pochopitelně také vzorkovací frekvence, lze snadno odvodit počet vzorků, případně, jejichž celočíselné násobky je třeba změřit pro získání celistvých period vzorkovaného signálu. Pokud tyto informace nemáme, je potřeba tuto problematiku ošetřit softwarově [3].

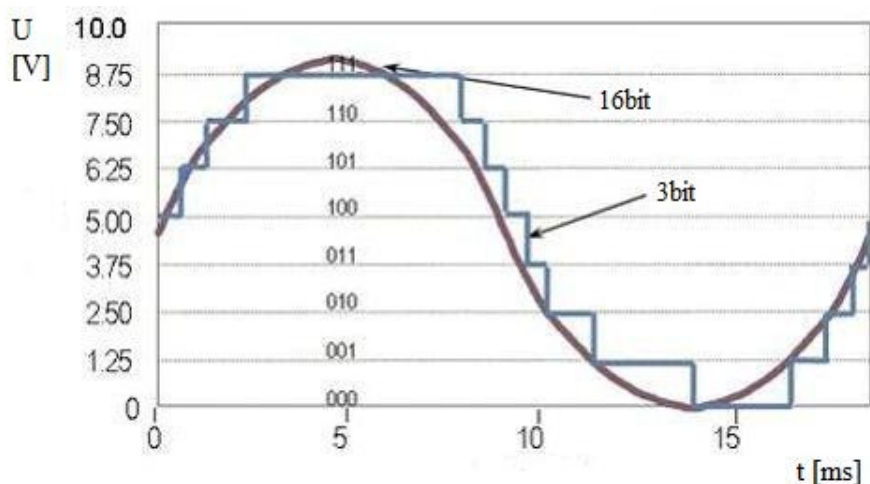
Předpokládejme například, že budeme mít aplikaci, kde budeme chtít měřit sinusový průběh s frekvencí 1 kHz. Podle Nyquistova teorému musíme vzorkovat s frekvencí nejméně 2 kHz, ale je doporučeno, aby se odebíraly vzorky s frekvencí 10 kHz pro měření přesnější podoby signálu. Obr.2.2 porovnává sinusový průběh o frekvenci 1kHz, který je měřený na 2 kHz a 10 kHz [2].



Obr. 2.2: Porovnání různých vzorkovacích frekvencí [2]

4) Podle nejmenší změny signálu

Nejmenší zjiitelná změna signálu určuje rozlišení zařízení pro sběr dat. Rozlišení se vztahuje k počtu binárních úrovní. Pro ilustraci tohoto bodu je na Obr. 2.3 zobrazen sinusový průběh, jak by vypadal při různých rozlišeních. Tří bitové rozlišení může představovat osm diskretních napěťových úrovní. 16-ti bitové rozlišení může představovat 65 536 napěťových úrovní. Sinusový průběh s tří bitovým rozlišením vypadá spíše jako skoková funkce, ale 16-ti bitové rozlišení může poskytnout čistě vypadající sinusový průběh [2].



Obr. 2.3: Porovnání různých bitových rozlišení [2]

5) Podle přesnosti měření aplikace

Určení přesnosti měření závisí na typu měřicího přístroje. Ideální měřicí přístroj vždy měří skutečnou hodnotu se stoprocentní jistotou, ve skutečnosti ale měřicí přístroje měří hodnoty s odchylkou danou výrobcem. Některá zařízení mohou poskytovat vlastní kalibraci a další obvody ke zlepšení přesnosti naměřených hodnot [2].

2.5. Výběr rozhraní

1) Podle přenosu dat po sběrnici

Všechna počítačová rozhraní mají určitý limit na množství dat, které mohou přenést za určitý čas. Toto je známé jako propustnost sběrnice a je často uvedeno v megabajtech za sekundu [MB/s]. Pokud je dynamické měření průběhů v aplikaci důležité, je třeba brát zřetel na rozhraní s dostatečnou šířkou pásma [4].

V závislosti na tom, která sběrnice bude vybrána, může být celková šířka pásma rozdělena mezi několik zařízení nebo může být měření soustředěno na určité zařízení. Například sběrnice PCI má teoretickou přenosovou rychlost až 132 MB/s, která je sdílená se všemi zařízeními, která jsou k PCI sběrnici připojena. Gigabyte Ethernet nabízí přenosovou rychlost teoreticky až 125 MB/s, tato přenosová rychlost je sdílená mezi všemi zařízeními, která jsou připojená. Maximální přenosovou rychlost každému zařízení lze zajistit přes rozhraní PCI Express nebo PXI Express. Tato rozhraní jsou schopna poskytovat teoreticky přenosovou rychlost až 250MB/s každému zařízení, které je připojeno [4].

2)Podle potřeby synchronizování více zařízení

Mnoho měřicích systémů má složitý proces synchronizace, ať už se jedná o synchronizaci mnoha vstupních kanálů nebo více typů přístrojů. Odlišná zařízení pro sběr dat na různých rozhraních poskytují různé možnosti, jak dosáhnout synchronizace. Nejjednodušší způsob, jak synchronizovat měření na více zařízeních, je sdílet stejné časování (clock) a spoušť (trigger). Mnoho zařízení pro sběr dat nabízí programovatelné digitální linky pro import časovačů a triggerů. Některá zařízení nabízejí i specializované triggerovací zařízení připojitelné přes BNC (Bayonet Neill–Concelman) konektor. Nejlepší volbou rozhraní pro synchronizaci jsou zařízení na platformě PXI, včetně PXI a PXI Express. Tento otevřený standart byl navržen speciálně pro synchronizace s řadou různých možností [4].

3)Podle potřeby přenositelnosti

Přenositelnost může být důležitým faktorem u mnoha aplikací a jistě může být nezanedbatelným důvodem upřednostnění jednoho rozhraní před druhým. Externí sběrnice, jako je například USB nebo Ethernet jsou zvláště vhodné pro přenosné systémy sběru dat, zejména kvůli jejich jednoduché instalaci hardwaru a kompatibilitou s libovolnými stolními počítači nebo notebooky. Zařízení kompatibilní s USB nabízejí další komfortní výhodu v tom, že nevyžadují samostatný zdroj napájení [4].

Použití bezdrátového přenosu dat je další možností volby při potřebě přenositelnosti, protože měřicí hardware se stává teoreticky libovolně přenosným, zatímco počítač, na kterém jsou naměřená data zpracována, může zůstat stacionární [4].

4)Podle vzdálenosti měření od počítače

Vzdálenost mezi místem měření a místem, na kterém je umístěn počítač může výrazně ovlivnit volbu rozhraní pro aplikaci [4].

Na základě výše uvedených podmínek pro vhodný výběr rozhraní, je v následující tabulce Tab. 1 uveden souhrn nejpoužívanějších rozhraní. Ve sloupci rychlosti rozhraní je uvedena maximální teoretická přenosová rychlost. V dalších sloupcích jsou uvedené vlastnosti jednotlivých rozhraní hodnocené číselně, kde 1 je nejlepší [4].

Tab. 1: Rozhraní a jejich vlastnosti pro vhodný výběr v aplikaci

Rozhraní	Rychlost přenosu dat [MB/s]	Použití u jednoho zařízení	Použití u více zařízení	Přenositelnost
PCI	132	1	2	3
PCI Express	250	1	2	3
PXI	132	1	1	2
PXI Express	250	1	1	2
USB	60	2	3	1
Ethernet	125	3	3	1

2.6. Výběr počítače

Po výběru vhodných zařízení pro sběr dat, je samozřejmostí výběr počítače pro celý měřicí systém. Správná volba má vliv na flexibilitu sběru dat, spuštění softwaru pro ovládání systému a na měření a ukládání dat [5].

1)Potřebný výpočetní výkon

Každý počítač má tři hlavní komponenty, které ovlivňují rychlost zpracování dat: procesor, RAM a pevný disk. Procesor je součástí počítače, která interpretuje a vykonává instrukce. Ve většině nových počítačů jsou použity procesory s jádrem typu dual-core nebo quad-core, což znamená, že procesor se chová jako by obsahoval dvě nebo více jader. Výpočetní výkon počítače je také dán velikostí RAM. Větší velikost RAM poskytuje větší rychlost zpracování dat a umožňuje práci více aplikací ve stejnou dobu. Větší kapacita pevného disku dává možnost uložení většího počtu dat [5].

2)Potřeba přenositelnosti

Přenositelnost počítače může být klíčovým prvkem, pokud se často pohybujeme mezi dvěma aplikacemi, např. notebook je nezbytný při provádění měření u více aplikací a následnému zpracování a analýze naměřených dat v laboratoři [5].

3)Náklady na počítač

Rozpočet je problém pro téměř každý projekt a je více než pravděpodobné, že počítač tvoří velkou část celkových nákladů z celého měřicího systému. Výběr počítače se tedy stává kompromisem mezi cenou a výkonem. Cenově nejvýraznější položkou počítače bývá většinou procesor. Velký rozdíl v ceně

nastává u stolního počítače (PC) a notebooku s podobnými parametry a vlastnostmi, notebook je nákladnější z důvodu přenositelnosti [5].

4)Robustnost počítače

Robustnost počítače může být rozhodující podmínka, pokud bude počítač použit v aplikaci v extrémním prostředí. Standardní PC nejsou navrženy tak, aby vydržely podmínky v průmyslových prostředích. Provozní podmínky počítače jsou provozní teplota, vlhkost prostředí a provozní nadmořská výška. Typické specifikace provozní teploty jsou -25°C až 45°C a práce do 3000m nad mořem. Při překročení těchto doporučených hodnot je důležité zvážit použití speciálního průmyslového počítače [5].

3. Rozbor základních požadavků systému pro sběr dat z elektrických pohonů

Na systém pro sběr dat jsou elektrickými regulačními pohony kladeny velké nároky na rychlost odezvy řídicího systému, zejména pak u pohonů střídavých. Zvláště vysoké nároky na výpočetní výkonnost jsou kladené u mikropočítačových systémů. Největší náročnost na výpočtovou výkonnost je dána zejména rozsáhlou komunikací s příslušnými periferiemi a rozsáhlým systémem přerušení, který je důležitý pro správné zpracování naměřených dat v reálném čase [6].

3.1. Vysoká rychlost výpočtu

I přes jeho vysokou náročnost, to je základní požadavek. Velké nároky na náročnost výpočtu jsou kladeny zejména výpočty vektorovými, kde mají největší časovou náročnost operace násobení a dělení. Zde je velice výhodné použití hardwarové násobičky, která je implementována přímo na čipu některých procesorů. Toto řešení dokáže značně urychlit operaci násobení [6].

Další možností zrychlení výpočtů je možnost použití matematického koprocessoru, to ale nepřináší požadované zlepšení, protože výpočty nejsou prováděny přímo v pohyblivé řádové čárce a cena tohoto koprocessoru by výrazně navýšila cenu celého měřicího systému [6].

Jednou z dalších možností jak lze také ovlivnit výpočetní rychlost celého systému je volbou procesoru s vysokým taktovacím kmitočtem a krátkými instrukcemi. Problémy však mohou nastat při zvyšování hodinového kmitočtu procesoru a jeho přizpůsobením pomalejších periférií a s volbou vhodné paměti RAM a především EPROM (PROM) [6].

Urychlení výpočetní rychlosti je také možné použitím procesoru s krátkými instrukcemi. Avšak toto řešení přináší komplikaci v podobě zkráceného instrukčního souboru [6].

Vzhledem k těmto vlastnostem je důležité provést vhodný kompromis s ohledem na to, k jaké aplikaci bude celý měřicí systém sloužit, jaké součástky máme k dispozici a jejich cena [6].

3.2. Velikost datového slova procesoru

Tento požadavek velmi úzce souvisí s výše uvedeným požadavkem. Nejvíce se v praxi osvědčily procesory 16-ti bitové a vyšší [6].

3.3. Velikost programové a datové paměti

Největší část programové a datové paměti zabírají především identifikační a diagnostické programy. Dále také programy pro komunikaci s klávesnicí, displejem a nadřazeným počítačem. Uvedené programy nejsou nezbytně nutné pro vlastní regulaci, ale je to důležité kritérium při aplikaci v praxi [6].

3.4. Přerušovací systém procesoru

Pokud má procesor více přerušovacích vstupů, více úrovní přerušení a zejména také vnitřní časovače, které jsou v systému nutné, je tím velmi zjednodušena hardwarová, ale také i softwarová část počítače. S procesorovým přerušovacím systémem mimo jiné souvisí také zásobníková paměť. Je nutné, aby tato paměť byla dostatečně velká. Přerušovací systém zajišťuje rychlou reakci mikroprocesoru nebo mikropočítače na vnější podnět z okolí mikropočítače nebo na podnět přímo z technického vybavení mikropočítače. Za vnější podnět může být bráno např. sepnutí havarijního spínače a za vnitřní podnět např. přetečení časovače [6].

Téměř všechny mikroprocesory jsou vybaveny možností tzv. přerušení. Pokud je procesor vybaven možností přerušení, je tato možnost podporována hardwarovým uspořádáním mikroprocesoru a dále je v mikropočítačovém systému rozšířena o celý systém přerušení. Systém přerušení ve své struktuře obsahuje několik vstupů žádosti o přerušení. Na vstupy žádosti o přerušení mohou být připojeny různé zdroje přerušení, které mohou aktivovat žádost o přerušení v libovolných časových okamžicích. Systém nejprve vyhodnotí, které z přijatých žádostí o přerušení mají v daný okamžik význam a zbylé žádosti jsou zakázány. Podle mikropočítačové terminologie se tento výběr ze všech žádostí označuje jako maskování zdrojů přerušení. Jako další krok se řeší priorita všech přerušení, musí být rozhodnuto, která z žádostí bude obsloužena jako první. Na základě tohoto rozhodnutí poté vzniká žádost o přerušení právě probíhajícího programu mikroprocesoru. Po přijetí žádosti o přerušení mikroprocesor informuje signálem sběrnici a následuje fáze identifikace zdroje přerušení. Během identifikace zdroje přerušení je stanovena adresa, na které se začne vykonávat obslužný podprogram přerušení. Stanovená adresa je poté načtena do programového čítače. Tady je přerušena činnost původního programu a připravuje se na další předání řízení. Ještě před předáním řízení je však nezbytné důležité, aby byly uchovány informace pro pozdější možnost návratu k tomuto původnímu programu po vykonání obslužného podprogramu přerušení. Ještě před provedením první instrukce obslužného podprogramu je nutné uložit obsah programového čítače, který určuje návratovou adresu. Dále je také potřeba uložit obsahy registrů, které jsou využívány přerušovanými, ale také i přerušujícími programy. Tyto akce však většinou zajišťují příslušné technické prostředky daného mikroprocesoru nebo je to prováděno instrukcemi v obslužném programu přerušení. Po vykonání obslužného programu se obsah programového čítače automaticky obnovuje vykonáním instrukce návratu z přerušení [6].

Pokud je v jeden okamžik více žádostí o přerušení, jsou obsluhovány tak, že žádosti aktivované později jsou obsluhovány až po ukončení obslužného programu předchozího přerušení. Tomuto způsobu zpracování přerušení se říká jednoúrovňové přerušení [6].

Další možnost je přerušit zároveň i obslužný podprogram přerušení. K tomuto případu může dojít v případě výskytu dalších žádostí o přerušení s vyšší prioritou. Nastává tedy víceúrovňové přerušení (přerušení v přerušení) [6].

Jestliže dojde k přijetí žádostí o přerušení od více zdrojů, může dojít ke komplikaci, protože při častých žádostech o přerušení může dojít k zablokování systému nebo k neobsloužení žádosti o přerušení s nižší prioritou. Návrh celého systému a jeho softwaru pak musí obsahovat možnost dynamického přiřazování priorit jednotlivým zdrojům [6].

4. Aplikace systému pro sběr dat

Téměř v každém průmyslovém odvětví se nachází oblast pro uplatňování systému pro sběr dat. Ať už se jedná o ověřování návrhů prototypů, výuku v laboratořích na univerzitách, diagnostiku poruch na průmyslových strojích nebo řízení výrobního procesu.

4.1. Výzkum a analýza

Technici a vědci běžně využívají hardware a software pro sběr dat pro měření a analýzu při výzkumu neznámých vlastností. Aplikace použití sahají od modelování chování přírodních jevů po charakterizování vlastností vzorků nových výrobků. Následující vybrané případové studie ukazují produktivitu, přesnost a flexibilitu, kterou poskytují systémy pro sběr dat u výzkumu a analýzy.

- Charakterizování a záznamy chování nebo vlastností,
- zkoumání přírodních jevů,
- systematické zkoumání nových produktů.

Získávání přelomových údajů o tornádech

Byly použity přízemní dynamické snímače, které dokázaly vývoj vzniku tornáda monitorovat a pomocí naměřených dat vyobrazit vývoj teploty, tlaku vzduchu, rychlosti větru a směru větru. Touto problematikou se zabývá společnost TWISTEX (Tactical Weather Instrumented Sampling in Tornadoes Experiment) v Denveru [7].

Získávání a analýza bioakustické komunikace mořských savců

Rozvoj spolehlivého systému sběru dat schopného shromažďovat a analyzovat ultrazvukové signály produkované divokými kosatkami. Tímto se zabývali vědci z dánské společnosti Fjord&baelt, tento problém vyřešili návrhem vícekanálového systému, který byl založen na softwaru LabVIEW a pomocí vhodného hardwaru byl schopen živého audio monitorování a sledování pohybu [8].

4.2. Ověřování a testování

Technici běžně používají systémy pro sběr dat pro testování návrhů prototypů, jestli splňují původní požadavky a plní svůj účel. To zahrnuje testování spolehlivosti a přesnosti, ověřování životnosti výrobků, testování toho, jestli výrobek splňuje potřeby uživatelů nebo zjišťování shody s průmyslovým standardem a normami.

- Potvrzování navržených specifikací,
- testování dodržování průmyslového standartu.

Test bezpečnosti přileb

Společnost Snell Memorial Foundation, Inc. (USA) se zabývala návrhem vysoce přesné a přenosné aplikace pro testování a certifikace bezpečnostních přileb. Měli za úkol vytvořit systém, který bude měřit tlaky, které působí na helmu a také síly působící na hlavu při různých nárazech. Podařilo se jim navrhnout systém, který byl schopen zajistit důkladné testování a přesné dokumentování naměřených dat [9].

Monitorování rozkladu plastů

Vědci z University of North Texas se zabývali problémem jak sestavit monitorovací systém, který bude sledovat zpracování plastů podle příslušných amerických norem (ASTM D5338-98 (2003)). Pomocí softwaru NI LabView se jim podařilo automatizovaný kompostovací systém, který byl schopen sledovat biologické vlastnosti při rozkládání plastů [10].

Monitorování synchronních generátorů elektrické energie

Pracovníci Electrical Engineering Institute Nikola Tesla ze srbského Bělehradu vyvinuli aplikaci pro automatické sledování a analýzu budicí soustavy a generátoru používaných v tepelných elektrárnách. Pomocí softwaru National Instruments LabVIEW a hardwaru National Instruments CompactDAQ se jim podařilo vyvinout flexibilní, plně funkční a snadno použitelný monitorovací systém [11].

V moderních energetických systémech jsou hlavními zdroji elektrické energie synchronní generátory. Výkon generátorů se pohybuje od několika kilowattů v malých elektrárnách až po 1,5GW v moderních tepelných elektrárnách. Synchronní generátory mohou být spojeny s různými typy turbín vodních elektráren nebo s parními turbínami v tepelných a jaderných elektrárnách [11].

Obecně lze říci, že budicí soustava zahrnuje regulovaný zdroj stejnosměrného proudu potřebného k vytvoření elektromagnetického pole, které produkuje napětí na generátoru v synchronním stroji. Zde chtěli sledovat, nahrávat a analyzovat přechodové procesy, které mohou nastat při výrobě elektrické energie [11].

Ústav Nikola Tesly implementoval své řešení pro sledování chování generátoru k určení přesné odezvy budicí soustavy a generátoru během normálního provozu a při situaci, kdy dojde k selhání. Použití systému pro sběr dat, který je nezávislý na všech řídicích signálech v budících systémech umožňuje experimentovat bez ohrožení primárního zařízení [11].

Testování hlukových emisí větrných turbín

Dánská společnost DELTA, která se zabývá poskytováním standardizovaných zkušebních systému pro měření hluku a jeho dopadu větrných turbín na životní prostředí v souladu Mezinárodní elektrotechnickou komisí (IEC). Při plánování nové větrné farmy je důležité vzít v úvahu akustické emise. Větrné farmy musí být optimalizovány k meteorologickým podmínkám a terénu, aby se minimalizoval dopad hluku na okolní životní prostředí. IEC 61400-11:2002 norma poskytuje jednotnou metodiku pro měření emise hluku větrné turbíny za různých rychlostí větru. DELTA vyvinula vlastní měřicí systém pro měření akustických dat z mikrofónů a nabízí pokročilé měření a analýzu větrných turbín [12].

4.3. Výroba a testování kvality

Testovací subjekty běžně používají systémy pro sběr dat pro ověřování funkčnosti a zajištění kvality hotových výrobků. Toto může zahrnovat širokou škálu manuálních nebo automatizovaných zkoušek.

- Provádění funkčních a odolnostních testování,
- testování životnosti,
- kontrola vadných výrobků.

Rozvoj výroby zkušebních systémů pro tablety

Irská společnost Benetel rozvíjí systém pro testování bezdrátových multimediálních zařízení, zejména tabletů, který zahrnuje testování dotykového displeje, kamery, zvuku, Wi-Fi a jiných zařízení.

Vyvinuli inovativní řešení pro ověření široké škály multimediálních funkcí přístroje. Měření barvy a intenzity LED displejů a jejich kalibrace, testování zpětné vazby audio zařízení, měření Wi-Fi, měření nabíjecích proudů a funkčnost USB portu [13].

Testovací systém pro Xbox 360

V roce 2001 se společnost Microsoft se začala zabývat vývojem nízkonákladového systému pro testování kabelových i bezdrátových ovladačů pro herní konzoly. Systém měl zkoušet komunikaci zařízení a sledovat přenos datových paketů na bitové úrovni. Systém také sleduje signály na čipu a analyzuje elektrické signály, doby nárůstu a poklesu napětí, minimální a maximální napětí a proudový odběr. V květnu 2005 Microsoft oznámil svoji nejnovější inovaci na poli digitální zábavy, novou řadu herní konzole Xbox 360. Pro kabelové ovladače bylo použito univerzální nízkonákladové rozhraní USB. Díky rozhraní USB herní konzole snadno přijímala další periferní zařízení, jako jsou taneční dotykové podložky, volanty a podobně. Bezdrátové ovladače jsou realizovány pomocí komunikace Ethernet [14].

4.4. Sledování stavu

Systém pro sběr dat se běžně používá pro provádění dlouhodobého monitorování zařízení, jako jsou turbíny a kompresory. Předchází se tak problémům dříve než dojde k selhání. Sledování stavu může zabránit neplánovaným výpadkům, může optimalizovat výkonnost stroje a snížit náklady na údržbu a opravy.

- Dlouhodobá monitorování zařízení,
- identifikování problému dříve, než dojde k poruše,
- varování v případě chybových stavů.

5. Aplikace umělých neuronových sítí pro sběr dat v oblasti elektrických regulovaných pohonů

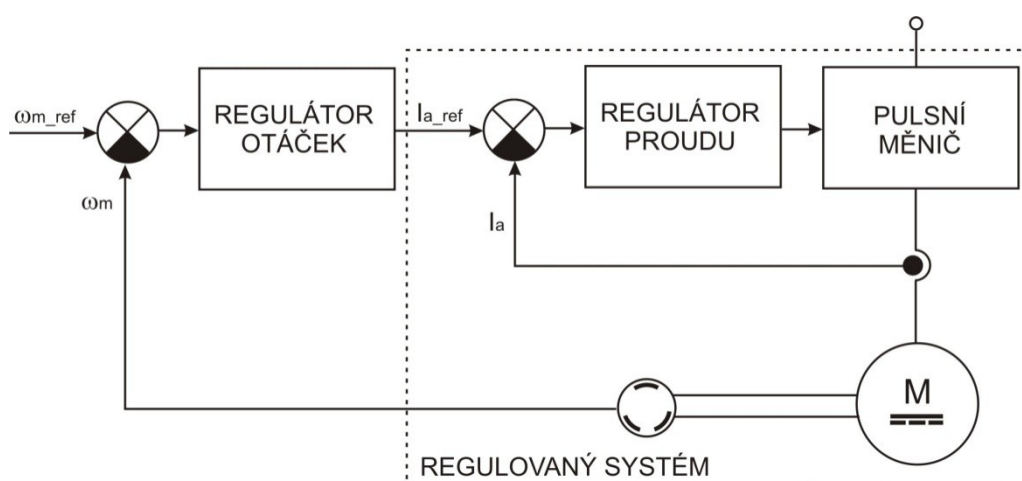
Obecně platí, že aplikace umělé inteligence v pohonech vede ke zvýšení výkonu a větší odolnosti při změnách zatížení.

Shrnutí základních poznatků o umělých neuronových sítích

- Jedná se o masivní paralelní struktury.
- Umělé neuronové sítě jsou založeny na hrubém modelu lidského mozku a obsahují mnoho adaptivně propojených umělých neuronů nebo perceptronů. Jinými slovy to jsou adaptivní funkční odhadci se schopností učení se.
- Jejich adaptivní a učící se schopnost je vhodná pro řízení nelineárních dynamických systémů.
- Jsou univerzální, protože dovedou realizovat libovolné zobrazení.
- Nepotřebují znalosti matematického modelu a jsou méně závislé na změnách parametrů systému.
- Jsou schopny eliminace šumu.

5.1. Řídicí struktura stejnosměrného pohonu

Blokové schéma je zobrazeno na Obr. 5.1. Výkonová část se skládá z pulzního měniče (nebo řízeného usměrňovače) a stejnosměrného motoru. Proud kotvy je řízený regulátorem proudu. Regulátor otáček poskytuje regulaci rychlosti otáčení [15].



Obr. 5.1: Blokové schéma regulace stejnosměrného pohonu.

5.2. Konvenční PI regulátor

Pro budoucí srovnání je důležité vzít v úvahu konvenční ovládání. Konvenční PI regulátor se používá jako regulátor otáček [15]. Regulace konvenčním PI regulátorem je popsána takto:

$$i_{a_ref} = K_p (\omega_{m_ref} - \omega_m) + K_i \int (\omega_{m_ref} - \omega_m) dt + K_d \frac{d}{dt} (\omega_{m_ref} - \omega_m) \quad (1)$$

kde i_{a_ref} je referenční hodnota kotevního proudu (vytvářející točivý moment, ω_{m_ref} a ω_m jsou referenční a aktuální hodnoty rotorové úhlové rychlosti, K_p je proporcionální zesílení, K_i , integrační zesílení a K_d derivační zesílení PID regulátoru [15].

Kvalita regulace je hodnocena podle odezvy regulačního obvodu na skokové změny vstupních proměnných. Z praktického hlediska jsou čtyři nejdůležitější faktory pro posouzení kontroly kvality: doba náběhu, doba ustálení, překmit a chyba ustáleného stavu [15].

5.3. Bezsenzorové řízení s užitím neuronových sítí

Regulace otáček vyžaduje zpětnovazební signál, který je získáván ze snímačů rychlosti, jako jsou tachogenerátory nebo inkrementální snímače. Tyto snímače jsou hlavním zdrojem problémů [15]. Hlavními důvody pro vývoj bezsenzorového řízení jsou:

- snížení složitosti hardwaru a tím i nákladů,
- zvýšení mechanické odolnosti,
- zvýšení spolehlivosti.

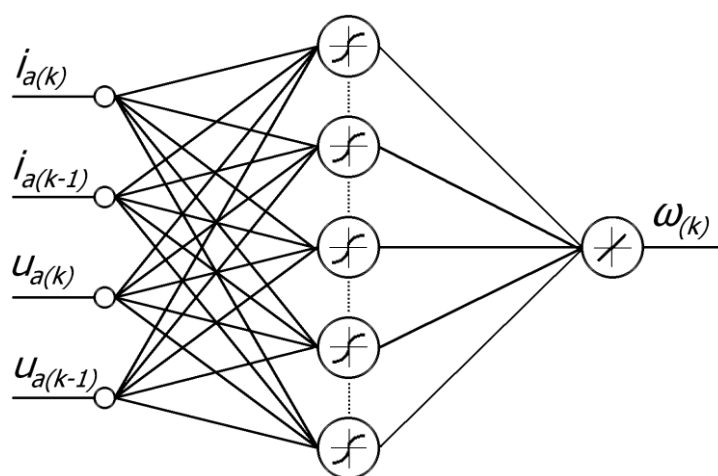
Odstranění snímače rychlosti z řídicí struktury elektrického pohonu vede k tzv. bezsenzorovému řízení, které pochopitelně vyžaduje další snímače pro monitorování proudů a napětí. Metody odhadu rychlosti lze rozdělit na konvenční, založené na matematickém modelu elektrického motoru nebo založené na umělé inteligenci [15]. Pro uskutečnění výpočtu otáček je nutné určit vhodnou strukturu neuronové sítě s vhodnými vstupními veličinami, které budou definovány podle následující rovnice:

$$\omega_{m(k)} = f[i_{a(k)}, i_{a(k-1)}, u_{a(k)}, u_{a(k-1)}, \mathbf{w}] \quad (2)$$

kde f je aktivační funkce a \mathbf{w} je vektor váhových a prahových koeficientů [15].

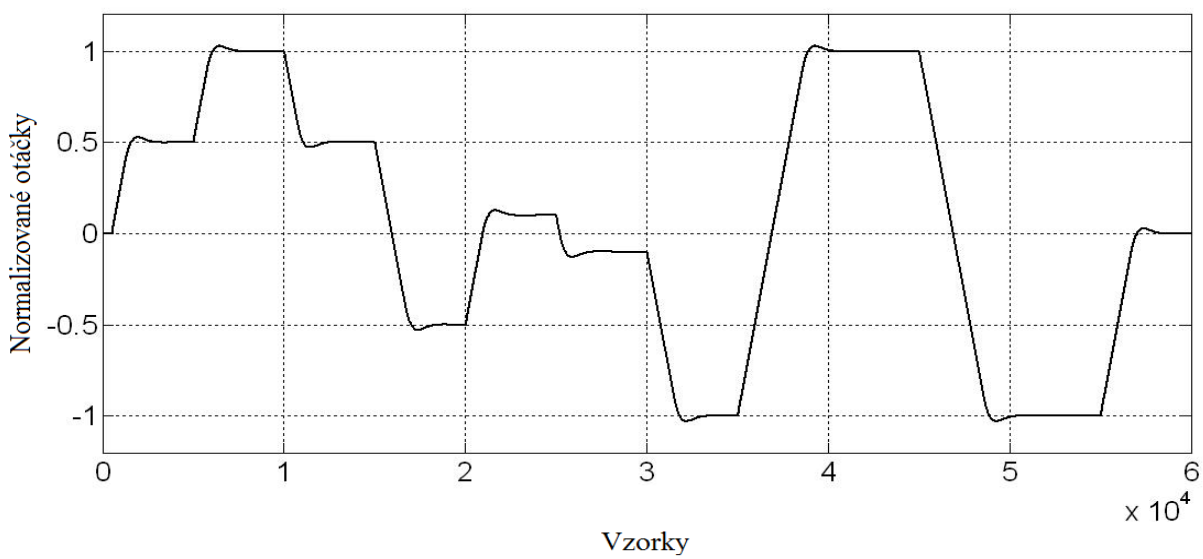
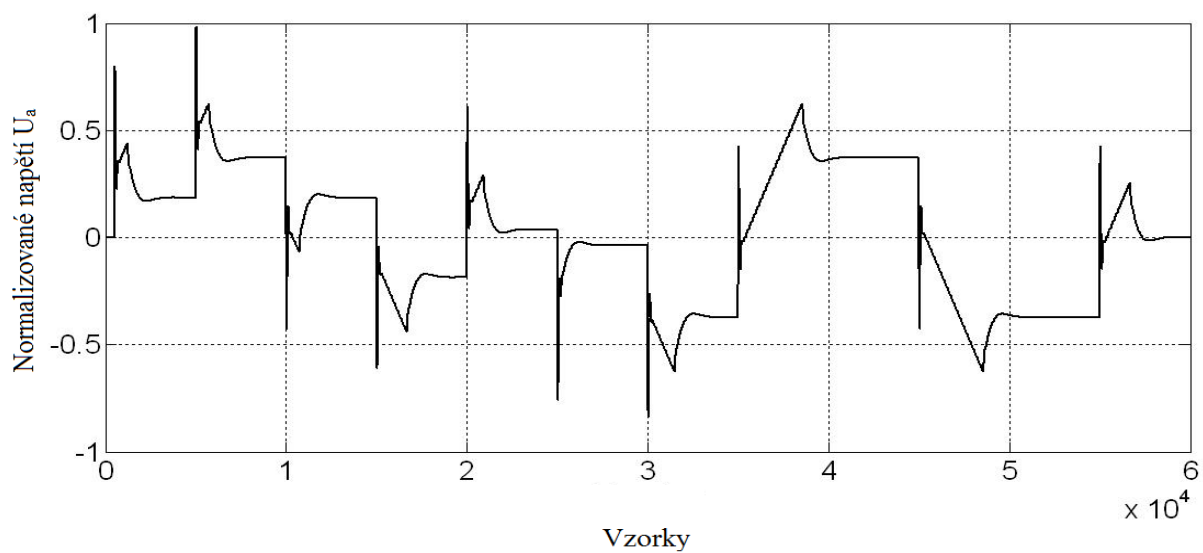
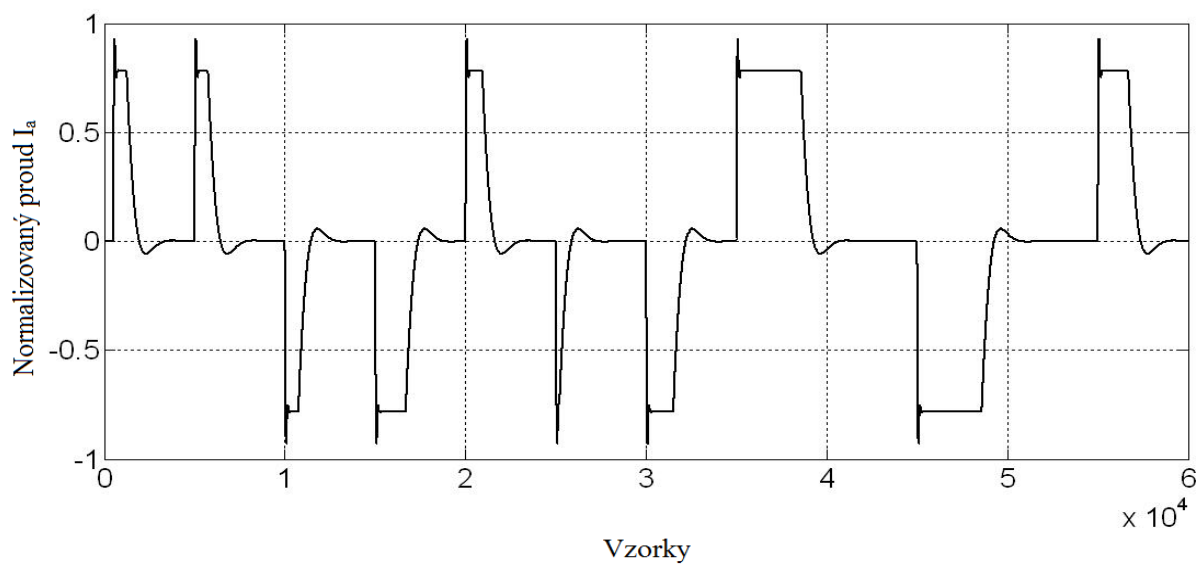
Nejprve je potřeba navrhnout vhodnou strukturu neuronové sítě, dále je potřeba určit vstupy, které jsou ve struktuře řízení rychlosti k dispozici, a ze kterých je možné odhadnout rychlost rotoru stejnosměrného motoru. Doporučená metoda pro stanovení struktury ANN neexistuje, takže konečná struktura ANN byla navržena metodou pokusů a omylů. Hlavním cílem bylo najít nejjednodušší neuronové síť s dobrou přesností odhadu rychlosti [15].

Byla navržena třívrstvá dopředná neuronová síť, která je zobrazena na Obr. 5.2 s nesledujícími vstupy $i_{a(k)}, i_{a(k-1)}, u_{a(k)}, u_{a(k-1)}$ (kotevní proud a napětí stejnosměrného motoru) a výstup $\omega_{m(k)}$ (mechanická rychlost). Aktivační funkce ve skryté vrstvě jsou tansigmoidy, výstupní neuron má lineární aktivační vrstvu. Síť byla implementována v rychlostní struktuře stejnosměrného motoru a celý děj byl simulován v programu Matlab – Simulink. Učení bylo provedeno podle Levenberg-Marquardtova algoritmu [15].



Obr. 5.2: Struktura neuronové sítě[15]

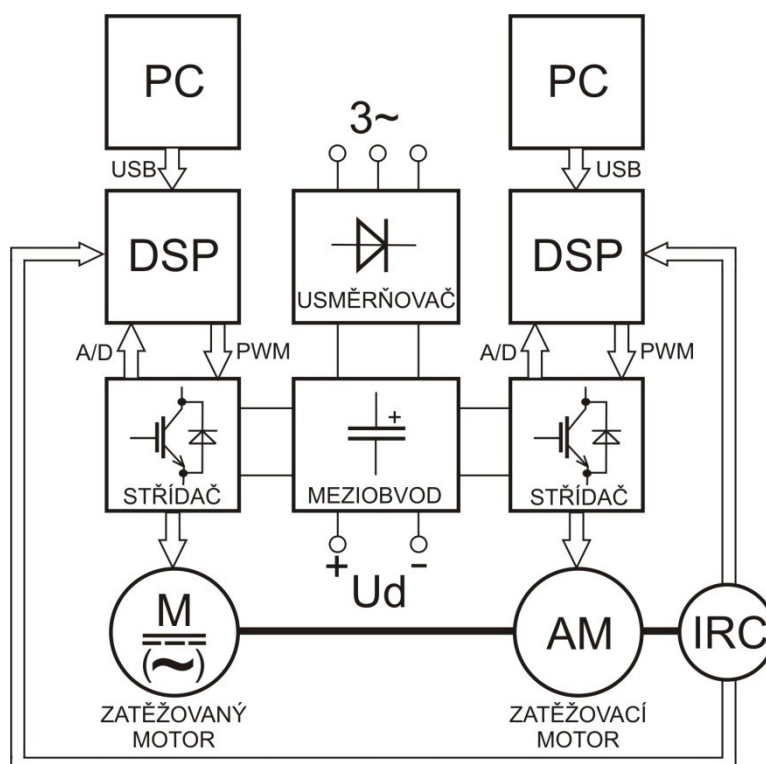
Pro implementaci neuronového estimátoru do řídicí struktury stejnosměrného pohonu je nutné získat data pro učení, která určují požadované chování umělé neuronové sítě. Data pro učení neuronové sítě byla získána ze simulovaného stejnosměrného pohonu v programu Matlab – Simulink. Na Obr. 6 jsou zobrazeny vzory trénovacích dat. Bylo zaznamenáno 60 000 vzorků pro každý ze vstupních a výstupních signálů. Tím bylo dosaženo chyby $1 \cdot 10^{-4}$ při fázi učení [15].



Obr. 5.3: Vzor trénovacích dat [15]

6. Experimentální pracoviště

Na Obr. 6.1 je zobrazeno blokové schéma experimentálního pracoviště. Aby bylo prakticky možné ověřit chod motoru, na kterém bude testováno bezsenzorové řízení elektrických regulovaných pohonů s využitím umělých neuronových sítí jak ve statických, tak i dynamických stavech, je motor brzděný druhým asynchronním motorem. Jedná se o použití aktivní zatěžovací jednotky s asynchronním motorem.



Obr. 6.1: Blokové schéma struktury pracoviště

6.1. Popis pracoviště

Soustrojí elektrických motorů

V tomto bloku se nachází zatěžovaný a zatěžovací motor. Motory jsou spolu spojeny spojkou a dále je připojen inkrementální snímač otáček.

Tab. 2: *Technické parametry asynchronního motoru*

Motor	MEZ 7AA100L04K
Jmenovitý výkon	$P_N = 2,2\text{kW}$
Jmenovité otáčky	$n = 1420\text{min}^{-1}$
Jmenovité napětí	$U = 230\text{V D/ } 400\text{V Y}$
Jmenovitý proud	$I_N = 8,4\text{A D/ } 4,8\text{A Y}$
Jmenovitý moment	$M_N = 14,8\text{Nm}$
Účinnost	$\eta = 0,82$

Tab. 3: *Technické parametry DC motoru*

Motor	MEZ SM132
Jmenovitý výkon	$P_N = 2,9\text{ kW}$
Jmenovité otáčky	$n = 1400\text{ min}^{-1}$
Jmenovité napětí kotvy	$U_{an} = 220\text{ V}$
Jmenovité budicí napětí	$U_b = 220\text{ V}$
Jmenovitý proud	$I_{an} = 16,4\text{ A}$

Tab. 4: *Technické parametry čidla otáček*

Počet pulzů	2048
Napájecí napětí	$5\text{V} \pm 10\%$



Obr. 6.2: Konfigurace se zatěžovaným DC motorem

Střídače a usměrňovače

Střídače napětí mohou být napájeny buď přímo z napájecí sítě, nebo z externího stejnosměrného zdroje. Každý motor má svůj samostatný střídač. Aby byla při zatěžování zvýšena účinnost pohonu, byla zvolena koncepce se společným meziobvodem. Toto umožňuje ještě dále využít energii získanou rekuperací pro zatěžovaný pohon bez použití tranzistorového spínače a odporu v meziobvodu pro omezení nárůstu napětí na kondenzátoru v meziobvodu.

Střídače jsou osazeny výkonovými IGBT tranzistory SKM 75GB123 ($U_{CE} = 1200V$; $I_C = 75A$). Meziobvod tvoří dva sériově zapojené kondenzátory ($C = 2200\mu F / 400V$) a jako usměrňovač slouží modul 6-ti pulsního usměrňovače typu SKD 50/12 ($U_{RMS} = 1200V$, $I_D = 50A$).



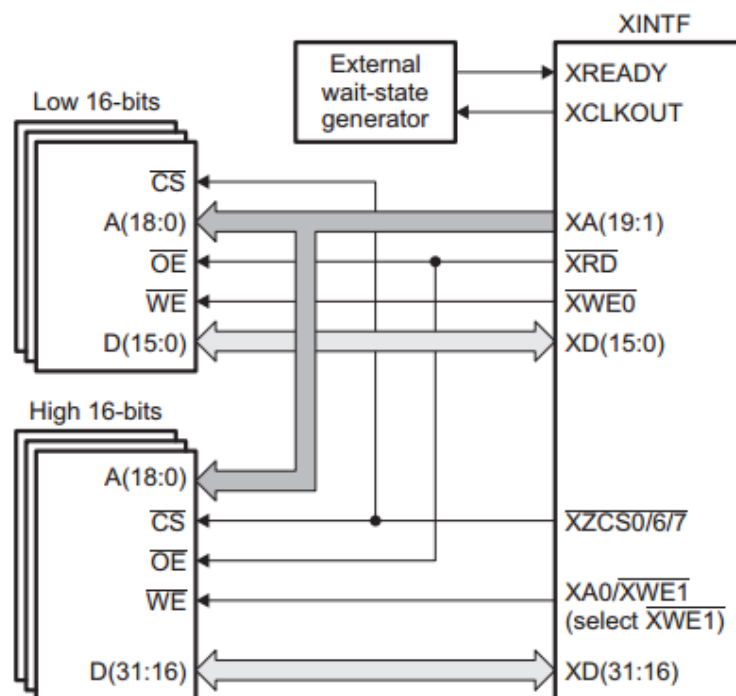
Obr. 6.3: Použitý nepřímý měnič kmitočtu obsahující střídač, meziobvod a usměrňovač

Střídač obsahuje také snímače pro měření proudu (LAH25-NP) a napětí (LV 25-600), budiče (Concept 6SD106 a Semicron SKHI60) a napájecí zdroje.

Mikropočítačový řídicí systém

Mikropočítačový řídicí systém je osazen digitálním signálovým procesorem (TMS320F28335) s plovoucí řádovou čárkou od firmy Texas Instrument. Procesor má jádro taktováno prostřednictvím fázového závěsu až do frekvence 150MHz, cyklus jedné instrukce trvá 6,67ns. Jádro procesoru je napájeno napětím o hodnotě 1,9V, I/O piny 3,3V, jenom ADC piny jsou pracují na maximální napájecí hladině 3V. Jedná se o procesor s délkou slova 32 bitů. Má implementovanou hardwarovou násobičku s 32bit x 32bit násobením případně duální 16bit x 16bit. Procesor obsahuje také 256k x 16bit FLASH, 34k x 16bit paměti SRAM a také Boot ROM 8k x 16 se softwarovými boot módy a standardními matematickými tabulkami [16].

Procesor TMS320F28335 dále obsahuje 88 programovatelných I/O pinů se vstupní filtrací. Pro komunikaci s okolím jsou k dispozici různá rozhraní – 2x CAN, 3x SCI, 2x McBSP, 1x SPI, 1x I2C. Dále je k dispozici 18x PWM výstupů, 6x HRPWM výstupů, 6x Event Capture vstupů, 8x 32-bit/6x 16-bit timerů, 2x QEP jednotka pro vyhodnocení signálů z inkrementálního čidla, 2x osmi kanálový 12bit ADC se sample-hold jednotkou [16].



Obr. 6.4: Připojení rozhraní [16]

Kit obsahuje integrovaný JTAG emulátor, 128k x 16 SRAM, RS-232, CAN rozhraní, rozšířenou sběrnici poskytující přístup ke všem I/O signálům mikroprocesoru. Jako rozhraní pro komunikaci mezi kitem a nadřazeným osobním počítačem je použito USB. Dále také LED pro vyhodnocení stavů.



Obr. 6.5: Přizpůsobovací deska s digitálním signálovým procesorem TMS320F28335

Přizpůsobovací deska slouží k úpravě signálů mezi kitem a nepřímým měničem kmitočtu. Kit je na desce zasunut v konektorech. Deska obsahuje obvody pro přizpůsobení proudových signálů z čidel proudů a napětí tak, aby je bylo možné zpracovat A/D převodníkem obsaženým v signálovém procesoru, dále pak obvody pro přizpůsobení signálů spínání výkonových tranzistorů z 3,3V logiky.

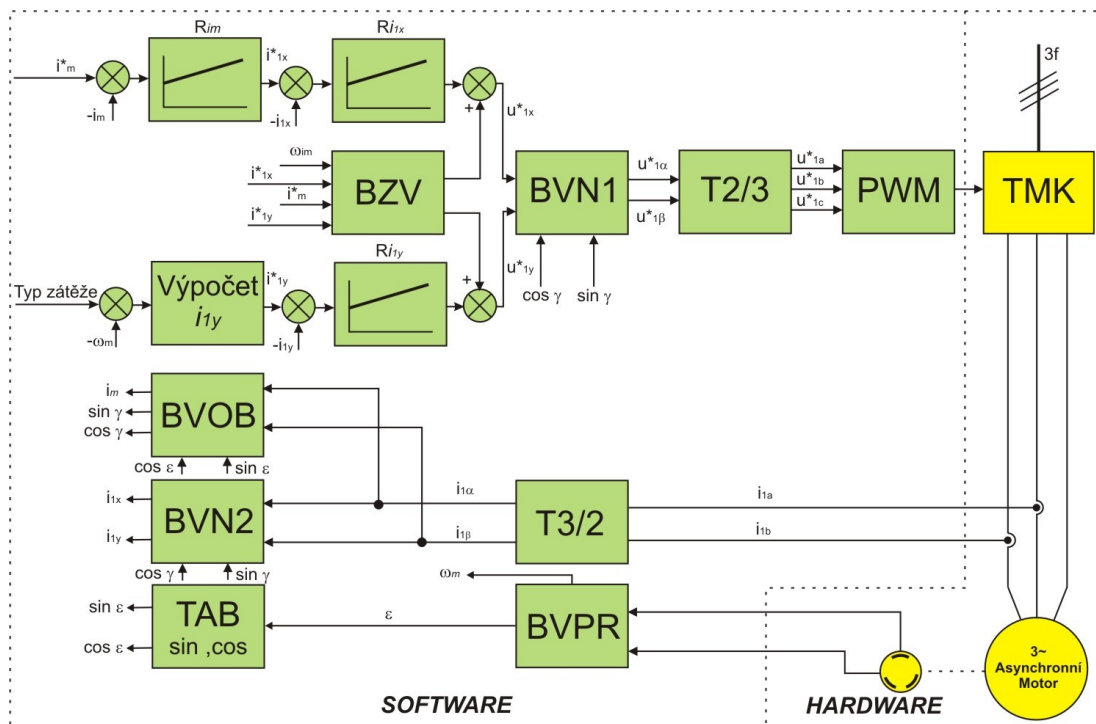
Komunikace s nadřazeným systémem

Nadřazeným systémem je myšleno připojení nadřazeného řídicího počítače. Ten slouží jako propojení mezi řídicím systémem a softwarem pro programování a odladění programu samotného. Jeho hlavní funkcí je pak řízení jednotlivých funkcí při běhu programu. Nadřazený počítač je spojen s kitem pomocí USB rozhraní, a aby bylo možné procesor programovat, tak je připojený přes JTAG programátor a také přes sériové rozhraní RS 232, přes které je v příslušném softwaru možno měnit a zobrazovat proměnné a řídit stav celého měření.

Aktivní zatěžovací jednotka

Jedná se o použití aktivní zatěžovací jednotky s asynchronním motorem. Celá zatěžovací jednotka je zobrazena na Obr. 6.1. Mikropočítačový řídicí systém se signálovým procesorem má v sobě implementován řídicí algoritmy vektorového řízení asynchronního motoru. Tyto řídicí algoritmy umožňují okamžité a dynamické změny zatěžovacího momentu.

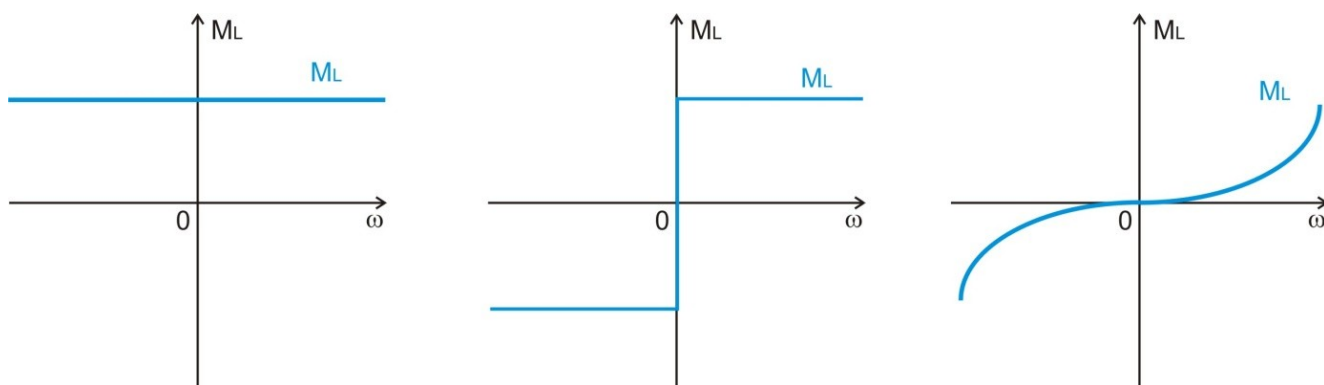
Obr. 6.6 zobrazuje blokové schéma vektorového řízení. Je zde zobrazena zjednodušená struktura, která obsahuje blok výpočtu momentu. Tento blok umožňuje vytvořit libovolnou zatěžovací charakteristiku, kterou je možné čase nebo v závislosti na rychlosti motoru.



Obr. 6.7: Blokové schéma vektorového řízení zatěžovací jednotky

Pro realizace aktivní zatěžovací jednotky byly zvoleny následující typy zátěže:

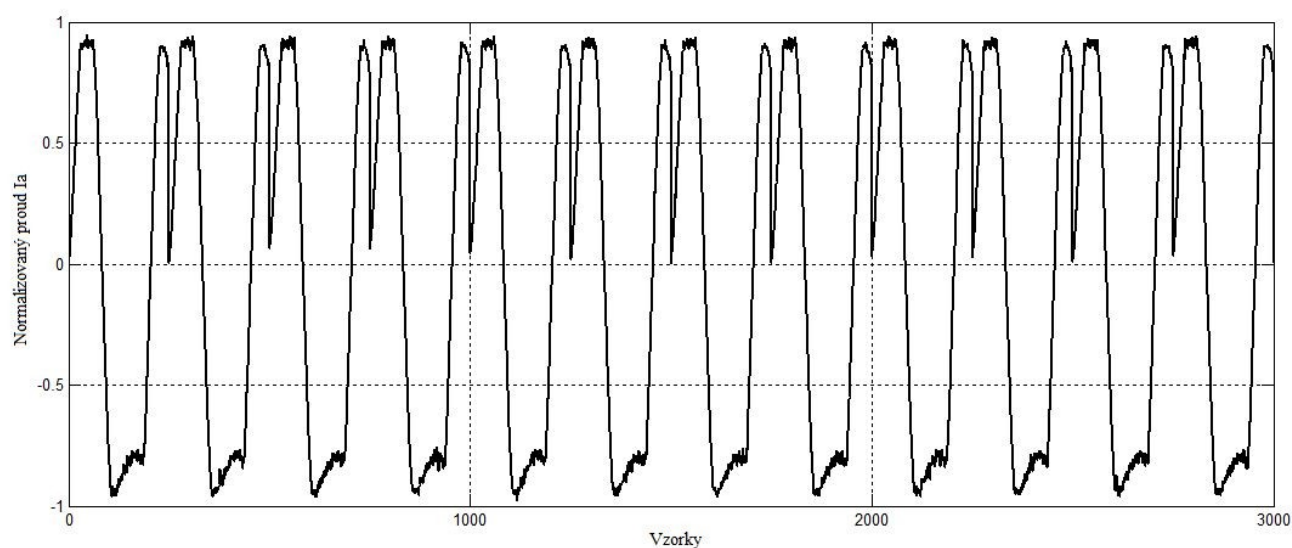
- výtahová charakteristika,
- pasivní zatěžovací moment,
- ventilátorová charakteristika.



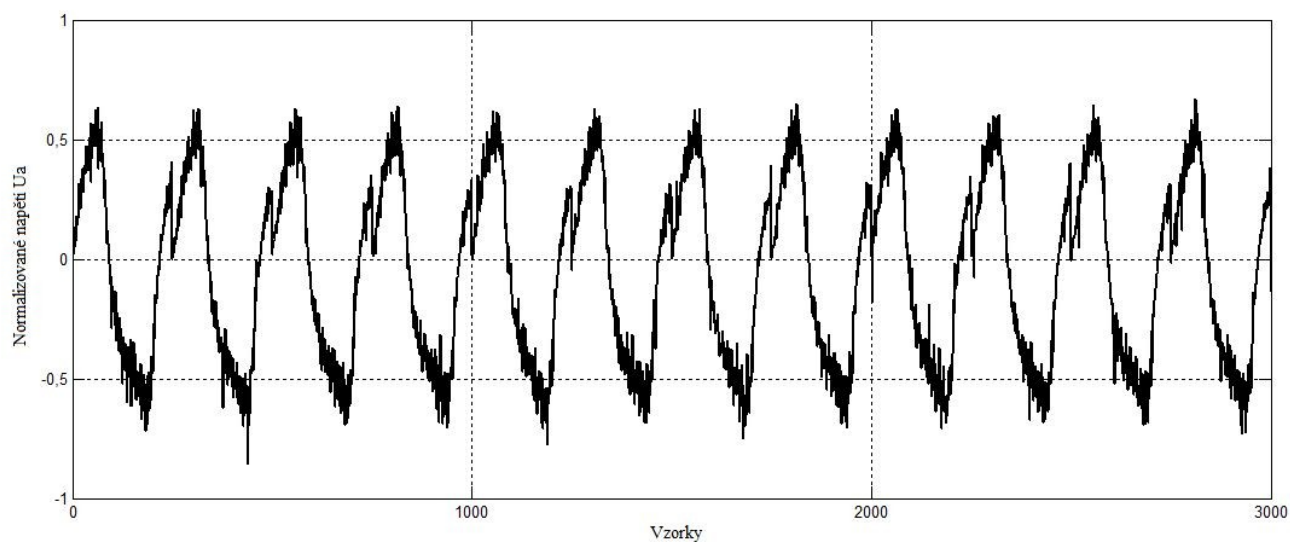
Obr. 6.8: Zvolené zatěžovací charakteristiky

6.2. Experimentální měření

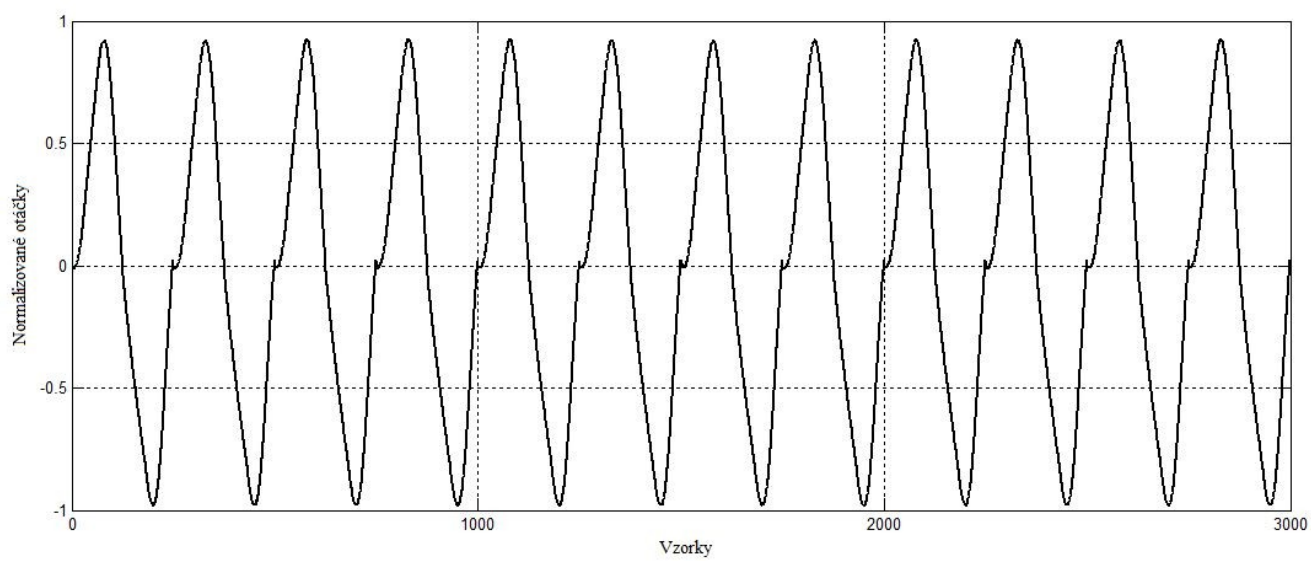
Měření proběhlo na cize buzeném stejnosměrném motoru bez zátěže (Tab. 3). Naměřeno bylo 60 000 vzorků, ale protože se průběhy téměř totožně opakovaly a v takto velkém množství by byly nepřehledné, tak jsem pro grafické zpracování v programu MATLAB použil 3000 vzorků.



Obr. 6.9: *Průběh proudu naměřený na CBSM bez zátěže*



Obr. 6.10: *Průběh napětí naměřený na CBSM bez zátěže*



Obr. 6.11: *Průběh rychlosti otáček naměřený na CBSM bez zátěže*

7. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo provést rozbor základních požadavků systému pro sběr dat z elektrických pohonů a rozbor aplikací systému pro sběr dat z elektrických pohonů. V této teoretické části byl proveden popis jednotlivých částí systému a rozbor činnosti jednotlivých měřicích komponentů a použitého softwaru. V této části je také popsán výběr hardwaru pro měřicí systém (2.4). Výběr hardwaru je proveden podle kritérií, které rozhodují o účinnosti a efektivnosti měřicího systému, důraz je kladen na vysokou rychlost výpočtu, velikost datového slova procesoru a velikost programové a datové paměti. Důležitá byla volba rozhraní, aby nebyl problém s rychlostí přenosu dat, synchronizací zařízení a také, aby bylo samotné měření možno provádět prakticky a pohodlně.

V rozboru aplikací systému pro sběr dat jsem se rozhodl tuto problematiku zpracovat v globálnějších měřítku a nejen v oblasti elektrických regulovaných pohonů, protože tato metoda měření má velký potenciál a může najít uplatnění téměř v každém průmyslovém odvětví. Technici a vědci běžně používají systémy pro sběr dat pro měření a analýzu při výzkumu neznámých vlastností, při navrhování prototypů, ale také nachází využití v běžné průmyslové výrobě při testování a ověřování funkčnosti hotových výrobků.

Důležitou částí práce je aplikace umělých neuronových sítí pro sběr dat v oblasti elektrických regulovaných pohonů. Při shrnutí poznatků o umělých neuronových sítích je zřejmé, že aplikace umělé inteligence je velmi univerzální a vede ke zvýšení výkonu. Po návrhu vhodné neuronové sítě (Obr. 5.2), byla tato implementována v rychlostní struktuře stejnosměrného motoru a celý děj byl simulován v programu Matlab – Simulink, ze kterého byla také získávána data pro učení neuronové sítě.

Praktická realizace je blokově zobrazena na Obr. 6.1. Jako zatěžovaný motor byl při měření použit stejnosměrný motor MEZ SM132 a jako aktivní zatěžovací jednotka byl použit asynchronní motor MEZ 7AA100L04K. Jako měnič kmitočtu, který obsahuje také střídač, meziobvodu a usměrňovač bylo použito laboratorní zařízení zobrazené na Obr. 6.3 a dále byla pro měření také použita přírůbovací deska (Obr. 6.5) digitálním signálovým procesorem TMS320F28335 od firmy Texas Instruments. Grafické zpracování naměřených výsledků je zobrazeno a popsáno v kapitole 6.2.

V této práci by se dalo dále ještě pokračovat rozvinutím teoretických pasáží o aplikaci systému pro sběr dat a v praktické části měření na asynchronním motoru.

Literatura

- [1] Data Acquisition (DAQ). *National Instruments Corporation* [online]. 2013 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/np/app/main/p/ap/daq/lang/cs/pg/1/sn/n17:daq/>
- [2] How to Choose the Right DAQ Hardware for Your Measurement System. *National Instruments Corporation* [online]. 2013 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://www.ni.com/white-paper/13655/en>
- [3] NĚMEC, Miroslav. *Časové vzorkování obrazového toku*. Brno, 2009. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/12046/DP_Nemec_M.pdf?sequence=1. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [4] How to Choose the Right Bus for Your Measurement System. *National Instruments Corporation* [online]. 2013 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://www.ni.com/white-paper/9401/en>
- [5] How to Choose the Right Computer for Your Measurement System. *National Instruments Corporation* [online]. 2013 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://www.ni.com/white-paper/13660/en>
- [6] BRANDŠTETTER, Pavel. *Mikropočítačové řídicí systémy II*. Ostrava, 2005. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/~sli111/MRS2/Studijni_opory/MRS2_01.pdf. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [7] About the Project. *Tactical Weather Instrumented Sampling in Tornadoes Experiment* [online]. 2013 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: http://twistex.org/site/?page_id=2
- [8] Research. *Fjord & Baelt* [online]. 2013 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: http://www.fjord-baelt.dk/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=58&lang=en
- [9] Philosophy and Concepts of Helmet Testing. *Snell Memorial Foundation, Inc.* [online]. 2012 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://www.smf.org/testing>
- [10] Monitoring Plastic Biodegradation With LabVIEW and NI CompactDAQ. *National Instruments Corporation* [online]. 2012 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-14406>
- [11] Electrical Engineering Institute "NIKOLA TESLA". *Company Information* [online]. 2010 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://www.ieent.org/prototip/pdf/INT%20company%20information.pdf>
- [12] Product development. *DELTA* [online]. 2010 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: http://www.madebydelta.com/delta/Business_units/TC/Test-and-consulting-main.page?
- [13] Technology. *Benetel* [online]. 2010 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://www.benetel.com/page/technology>

- [14] Microsoft Uses NI LabVIEW and PXI Modular Instruments to Develop Production Test System for Xbox 360 Controllers. *National Instruments Corporation* [online]. 2012 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-662>
- [15] BRANDŠTETTER P., BÍLEK P.: *Applications of Artificial Neural Networks in Control of DC Drive*. In *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Volume 189, pp. 351-360, 2013, ISSN 2194-5357, ISBN 978-3-642-33017-9, DOI: 10.1007/978-3-642-33018-6_36.
- [16] Texas Instruments. *TMS320F38335/28334/28332 Digital Signal Controllers (DSCs), Data manual* [online]. 2010 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ug/spru949d/spru949d.pdf>